

地盤・杭・建物の高密度強震観測に基づく PCaPC 造 7 階建て建物の振動特性

正会員 松井 政樹*1 同 小島 宏章*2
同 福和 伸夫*3 同 飛田 潤*4
同 山崎 靖典*5 同 浜田 栄太*1

高密度強震観測 杭中強震計 立体振動
建物と地盤の動的相互作用 地盤-杭-建物系 PCaPC 造

1. はじめに

中低層建物は一般に動的相互作用の影響が大きいため、地盤-建物連成系の振動特性を実測から検討することが重要であるが、現状では動的相互作用や立体振動特性を詳しく分析できる観測態勢の例は少ない。本研究では、地盤・杭・建物の高密度強震観測が行われているプレキャストプレストレストコンクリート造(PCaPC 造)7 階建て建物について、地震記録より振動特性の検討を行う。

2. 対象建物及び強震観測概要

対象建物は名古屋大学構内に立地する PCaPC 造 7 階建て建物である。表 1 に建物概要、図 1 に強震観測点配置を示す。強震観測は加速度計が建物内 8 地点、地盤地表 2 地点、地盤地中 1 地点、杭中 4 地点の計 15 地点で、水平成分 24ch、上下成分 12ch となっている。2004 年 7 月 27 日から 2005 年 1 月 29 日までに 25 の地震記録が得られている。杭中の加速度計は他の加速度計と比べて分解能

が低いタイプを使用しているため、26 の地震記録のうち十分な精度のある杭中記録が得られているものは 11 地震である。地盤地中は 40m 弱が工学的基盤となっている。

3. 観測記録とフーリエスペクトル

図 2 に 2005 年 1 月 9 日に発生した愛知県西部の地震 (Mj4.4)における建物中央の屋上、5 階、1 階、地盤地表、杭(中間)、杭(先端)、地盤地中-40m の張間方向の加速度波形と加速度フーリエスペクトルを示す。加速度フーリエスペクトルには、同じ階の建物端部での同方向成分記録も重ねて示している。建物上部の中央ではピークが 2.10Hz 付近の 1 つであるのに対し、端部では 2.35Hz 付近にもピークが見られる。これは並進とねじれの固有振動数と考えられ、対象建物はねじれ振動を起こしていると言える。杭の先端と中間を比べると増幅が見られる。建物中央と南東の 2 本の杭の先端を比べると、低振動数域ではよく対応しているが、高振動数域には差異が見られる。

表1 建物概要

延床面積	5956m ²	構造種別	地上PCaPC造
階数	地上7階	地下RC造	
	地下1階	骨組形式	桁行方向 ラーメン構造
高さ	33.4m		張間方向 耐震壁付きラーメン構造
軒高	29.7m	基礎種別	杭基礎PHC杭
			杭長 32m, 36m

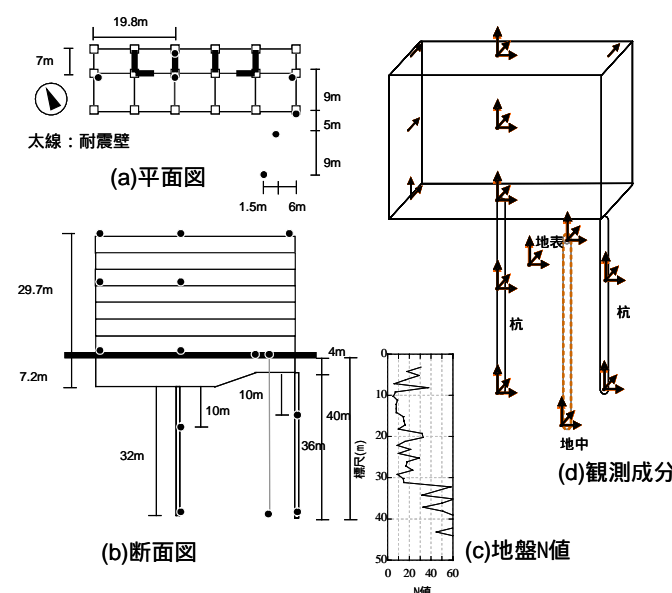


図1 強震観測点配置

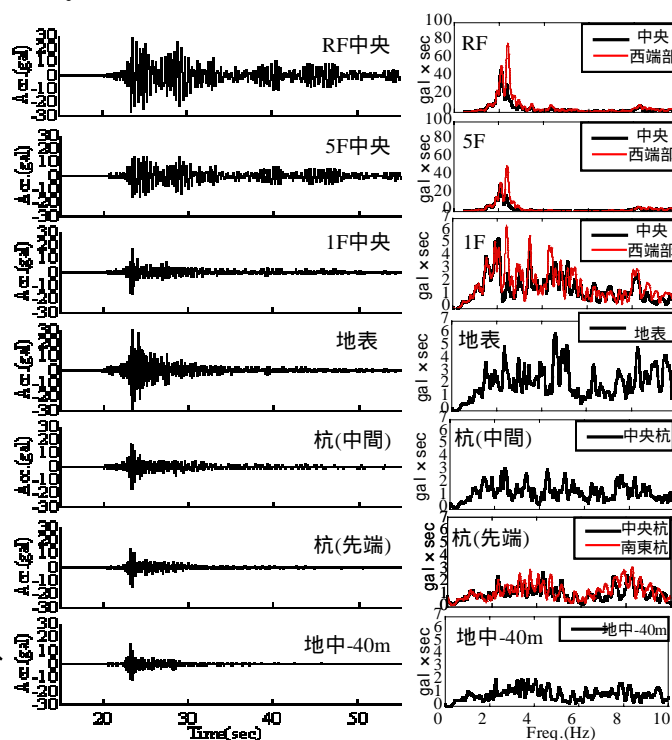


図2 愛知県西部の地震(2005.1.9)の
加速度波形と加速度フーリエスペクトル

4. ねじれ振動

愛知県西部の地震について、張間方向の応答から屋上の西端部と東端部の差を2で除したものをねじれの成分、東西端部と中央の2倍の和を4で除したものを並進成分として抽出して求めた加速度フーリエスペクトルを図3に示す。この地震ではねじれ成分のピークが並進成分のピークを上回っている。ねじれの成分の励起度合いは地震によって異なり、ねじれ成分のピークが並進成分のピークを上回っているものは11地震中5地震であった。

屋上中央・西端部・東端部の波形にねじれの振動数である2.36Hz付近でバンドパスフィルタをかけ、0.05秒毎に床の変位モードをプロットしてねじれの中心を推定した。設計図書上の剛心とはわずかにずれているが、安定した結果である。比較的整形な偏心の少ない建物であるが、並進に比べて無視できないねじれ応答が生じていることが分かる。

5. 地盤 - 建物の固有振動特性

図5に地盤 - 建物連成系(RF/GL)、スウェイのみ固定した基礎固定系(RF/1F)、スウェイとロッキングを固定した基礎固定系(RF/(1F+H0))の平均フーリエスペクトル比を示す。平均フーリエスペクトル比は11の地震記録それぞれを入力側のRMS値で基準化した後、アンサンブル平均している。RF/1Fのフーリエスペクトル比より固有振動数を求めると桁行方向2.65Hz、張間方向2.28Hzである。3つのフーリエスペクトル比のピーク振動数の差より、スウェイの影響は桁行方向で大きいのに対し、ロッキングの影響は張間方向で大きいことが分かる。図6のスウェイ・ロッキング・弾性変形率からも同様の結果が得られる。また、図7に1F/GL、図8にGL/GL-40mの平均フーリエスペクトル比を示す。1階は建物上部の影響を受け2Hz付近にピークがあることが分かる。また、高振動数域では入力損失効果が認められる。表層地盤の卓越振動数は2Hz、5Hz、9Hz付近にあり、2Hzの振動数は建物の固有振動数と近接している。

6. 杭中間部の応答

図9に建物中央の杭中間部の平均フーリエスペクトルを示す。平均フーリエスペクトルは、11の地震記録をそれぞれRMS値で基準化し、アンサンブル平均して求めている。0.3Hz付近のピークは図8には見られず、地震基盤以浅の卓越振動数と考えられる。1.5Hz付近のピークは図8に見られ、工学的基盤より上層の卓越振動数である。また、桁行方向2.6Hz付近、張間方向2.3Hz付近にもピークが見られる。これは、図5、図7より各方向の建物上部の

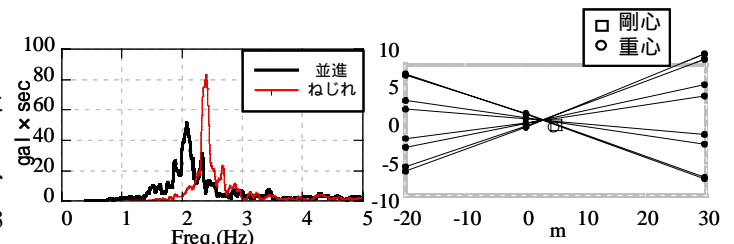


図3 ねじれ・並進フーリエスペクトル

図4 ねじれモード図

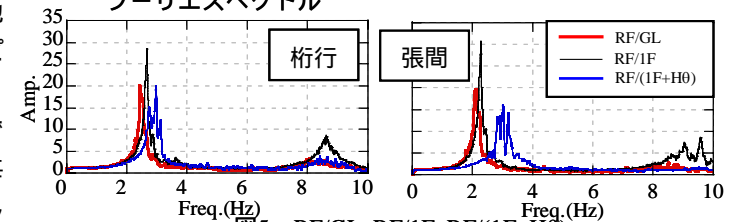


図5 RF/GL, RF/1F, RF/(1F+H0) 平均フーリエスペクトル比

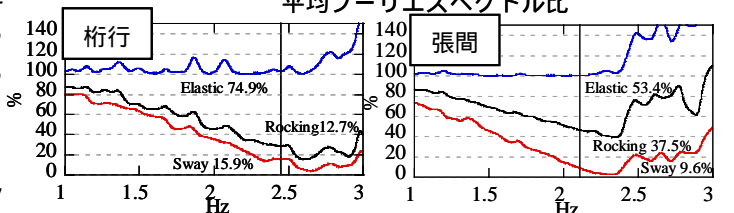


図6 スウェイ・ロッキング・弾性変形率

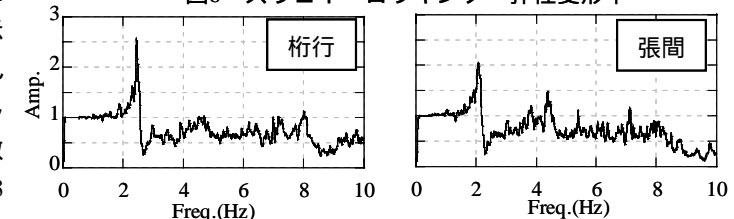


図7 1F/GL平均フーリエスペクトル比

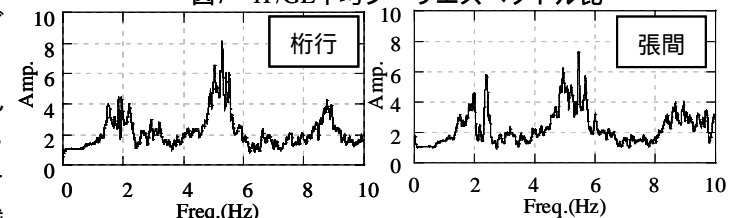


図8 GL/GL-40m平均フーリエスペクトル比

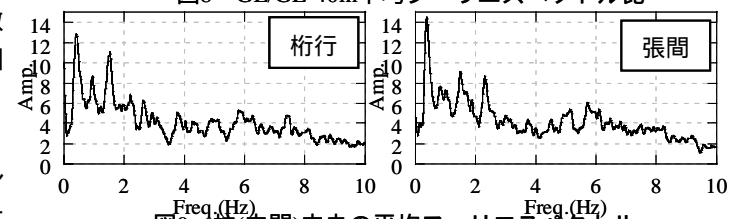


図9 杭(中間)中央の平均フーリエスペクトル

固有振動数とよく対応しており、杭は建物上部と地盤の両方の影響を受けていることが分かる。

7. まとめ

高密度地震観測の行われているPCaPC造7階建て建物において基本的な振動特性について検討した。今後、地盤 - 杭 - 建物の関係を、より詳細に分析する予定である。

*1)名古屋大学大学院 大学院生

*2)名古屋大学環境学研究科・助手・博士(工学)

*3)名古屋大学環境学研究科・教授・工博

*4)名古屋大学環境学研究科・助教授・工博

*5)旭化成ホームズ株式会社 修士(工学)

*1)Graduate Student, Nagoya Univ.

*2)Res.Assoc., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*3)Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*4)Assoc.Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*5)Asahi Kasei Homes Co., M.Eng.